

# Instrumentação Automatizada para Medida de Resistência do Solo à Penetração de Raízes com uma Sonda de 13 cm

## Introdução

A formação de camadas superficiais de compactação de solos tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores nos efeitos sobre a emergência das sementes, infiltração de água e erosão do solo. Penetrômetros, não possuem uma precisão razoável para medir o grau de compactação da crosta do solo compactado e de quantificação da força que uma semente realiza no momento da germinação, para vencer esta crosta, e do desenvolvimento da raiz nesta região. Pequenas sondas têm sido usadas para simular força de penetração de raízes, mas em escala de laboratórios para caracterizar a estrutura do solo.

Neste ensaio foi utilizada uma sonda de 13 cm projetada sem o rebaixo no corpo da sonda e mantendo-se o ângulo de ponta de cone de 30°. O ensaio teve por objetivo avaliar o comportamento da *Instrumentação Avançada para Tomada de Decisão na Avaliação da Resistência do Solo à Penetração de Raízes*, ilustrado na figura 1, em medidas mais profundas da resistência do solo à penetração de raízes que atinjam essa profundidade, como por exemplo, o que ocorre com raízes do milho (*Zea Mays*), que atinge aproximadamente 20 cm de profundidade.

Os ensaios de campo foram realizados em uma área, tendo como coordenadas geofísicas latitude sul igual a 21° 57' 5,33728" e longitude oeste igual a 47° 50' 45,9429", área esta, também pertencente a Embrapa Pecuária Sudeste.

O solo da região analisada é do tipo *Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico (LEd2)* e apresenta textura argilosa, fase cerradão tropical subcaducifólico, são solos profundos, de coloração bruno-avermelhada a bruno-avermelhada-escura. São formados de material muito diverso, o que lhes confere certa variabilidade nas características morfológicas, além de influir nas propriedades químicas. No geral, esses solos, apresentam baixa saturação por bases e baixa saturação por alumínio.

A coleta de dados foi realizada dentro de uma área de 0,16 m x 0,16 m, com variação de 0,10 m de distância entre elas. As coordenadas de partida que foram fornecidas ao sistema, são indicadas na tabela 1.

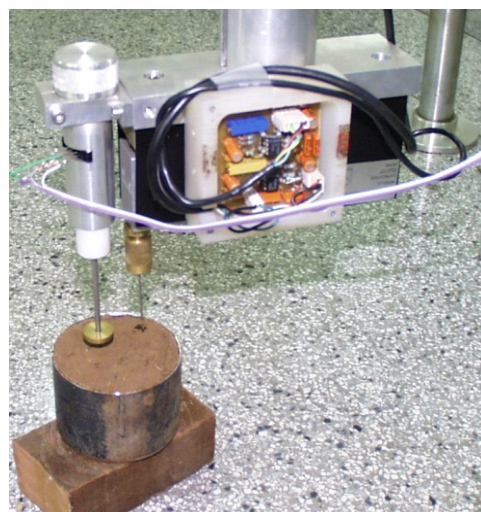


Foto Ladislau M. Rabello

Figura 1: Foto do sistema em laboratório

A coordenada inicial (0,0) corresponde ao zero de todo o sistema de posicionamento XY. Os números de dados gerados com esta base de coordenadas correspondem a uma matriz que envolveu 16 x 16 pontos por 66 níveis de profundidade, o que levou a um total de 16896 r

Tabela 1 : Ensaio de campo para sonda de 13 cm - Coordenadas para medida de RSPR.

| Posicao inicial |        | Posicao final |        | Incremento |        |
|-----------------|--------|---------------|--------|------------|--------|
| X (mm)          | Y (mm) | X (mm)        | Y (mm) | X (mm)     | Y (mm) |
| 0               | 0      | 150           | 150    | 10         | 10     |

## Autores

**Ladislau Marcelino Rabello**  
Eng. Elétrico, Dr.  
Embrapa Instrumentação  
Agropecuária, C.P. 741,  
CEP 13560-970,  
São Carlos, SP  
rabello@cnpdia.embrapa.br

**Paulo Estevão Cruvinel**  
Eng. Elétrico, Dr.  
Embrapa Instrumentação  
Agropecuária, C.P. 741,  
CEP 13560-970,  
São Carlos, SP  
cruvinel@cnpdia.embrapa.br

A tabela 2 sintetiza os parâmetros do ensaio realizado com a sonda de 13 cm.

Tabela 2 : Umidade de solo para ensaio com sonda de 13 cm

|  |  |
|--|--|
| Numero do Recipiente                             | 1.00   |
| Espessura da amostra                             | 7,2 cm   |
| Comprimento da Amostra                           | 5,5 cm   |
| Umidade media do solo na area do experimento < > | 11,3 %   |
| Tipo de solo                                     | Latossolo Vermelho-Escuro Distr ofico - textura argilosa |

Com o objetivo de se caracterizar o ensaio de campo, bem como devido ao grande número de dados, foi selecionado uma coordenada, (110,60), para se verificar a variação da resistência do solo à penetração de raízes, representadas na figura 2, em função da profundidade Z, no intervalo de 0 a 130 mm.

A sequência de mapas bidimensionais, gerados no ensaio, podem ser observadas na tabela 3.

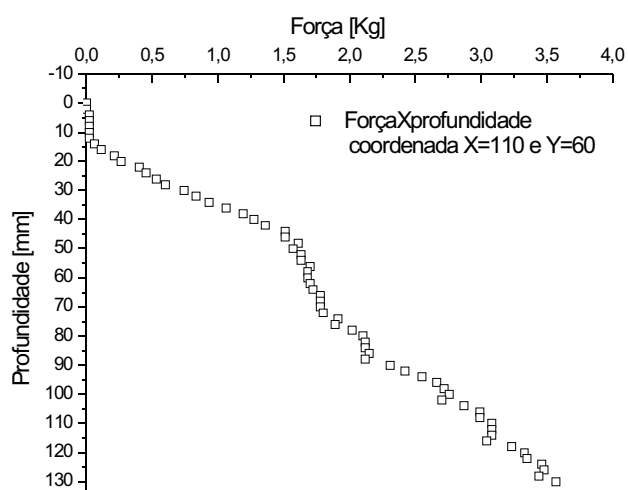
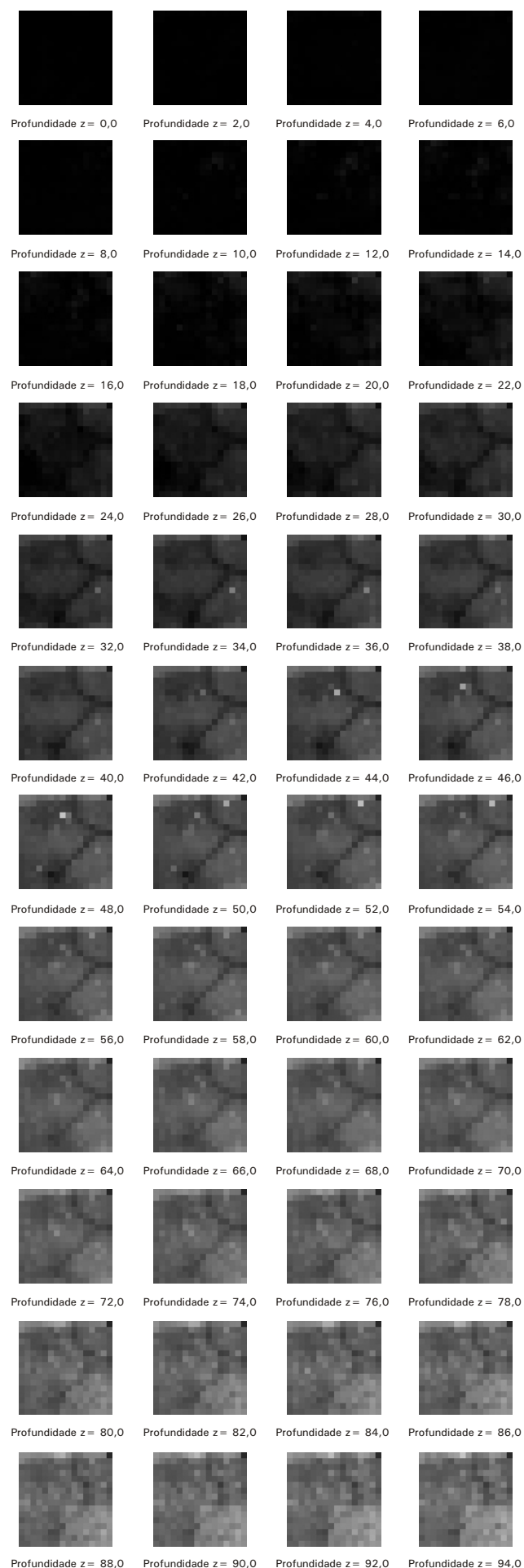


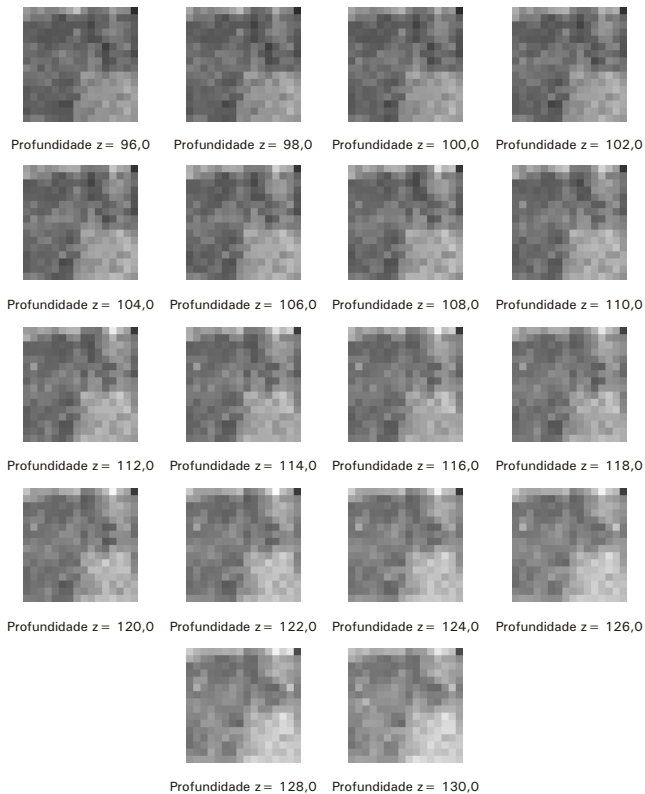
Figura 2: Variação da resistência do solo à penetração de raízes para a sonda de 13 cm em função da profundidade Z, para as coordenadas X = 110 e Y = 60.

Tabela 3: Seqüência de mapas bidimensionais das medidas de resistência do solo à penetração de raízes para os dados coletados em campo para a sonda de 13 cm, no intervalo de Z = 0,0 a Z = 130,0, medidas em milímetros, (tons de cinza, da cor preta = 0,00 kgf à cor branca = 50,0 kgf)

No ensaio para a sonda de 13 cm, observou-se ao longo de toda a profundidade uma variação praticamente homogênea da resistência ao avanço da sonda, o que também o seria para raízes de plantas.

A informação volumétrica da resistência do solo à penetração de raízes obtida no ensaio de campo a partir dos mapas bidimensionais para a sonda de 13 cm, com seus cortes transversal, coronal, sagital, é vista na figura 3.





No ensaio para a sonda de 13 cm, observou-se ao longo de toda a profundidade uma variação praticamente homogênea da resistência ao avanço da sonda, o que também o seria para raízes de plantas.

A informação volumétrica da resistência do solo à penetração de raízes obtida no ensaio de campo a partir dos mapas bidimensionais para a sonda de 13 cm, com seus cortes transversal, coronal, sagital, é vista na figura 3.

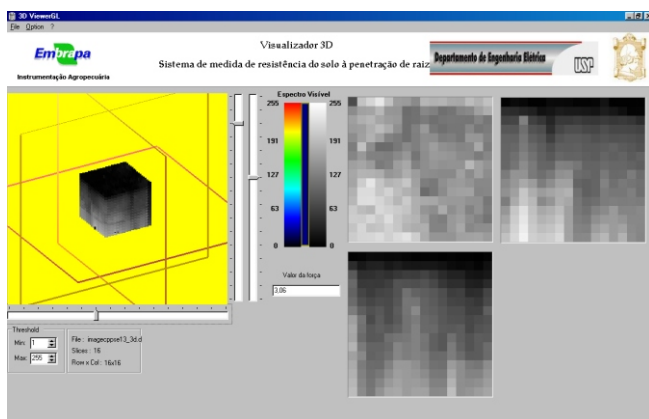


Figura 3 : Mapa tridimensional dos dados de resistência do solo à penetração de raízes coletados no ensaio de campo para sonda de 13cm.

As figuras 4, 5 e 6, ilustram situações distintas, da resistência do solo à penetração de raízes, de acordo com a profundidade em que se localizam as regiões. Na figura 4 é apresentada a região do ensaio de campo onde há alta resistência do solo à penetração de raízes, ou seja, faixa de 35,60 kgf a 45,20 kgf. Na figura 4 é visualizada a região onde houve a ocorrência de médios valores de resistência do solo à penetração de raízes, ou seja, na

faixa de 19,50 kgf a 27,50 kgf. Na figura 6 é visualizada a região do experimento onde ocorreu baixa resistência do solo à penetração de raízes, ou seja, faixa de 0,18 kgf a 8,51 kgf. As regiões analisadas foram selecionadas com o uso de um filtro *threshold*, cujo ajuste de limiar pode ser selecionado pelo usuário

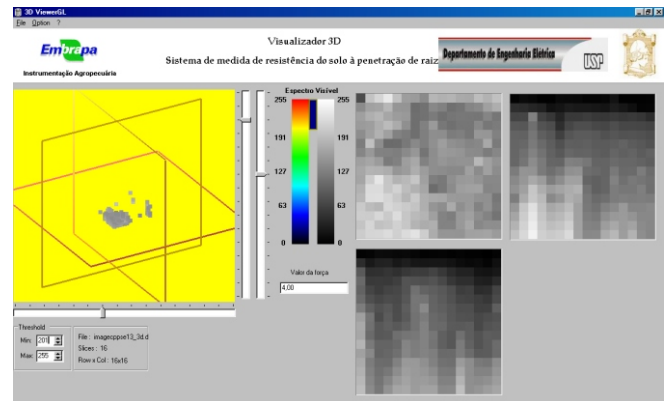


Figura 4 : Ensaio de campo para a sonda de 13 cm: região de alta resistência do solo à penetração de raízes (de 35,60 kgf a 45,20 kgf).

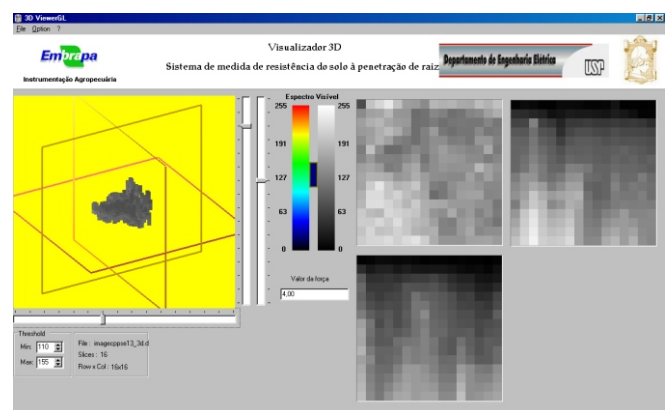


Figura 5 : Ensaio de campo para a sonda de 13 cm: região de valores médios de resistência do solo à penetração de raízes (de 19,50 kgf a 27,50 kgf).

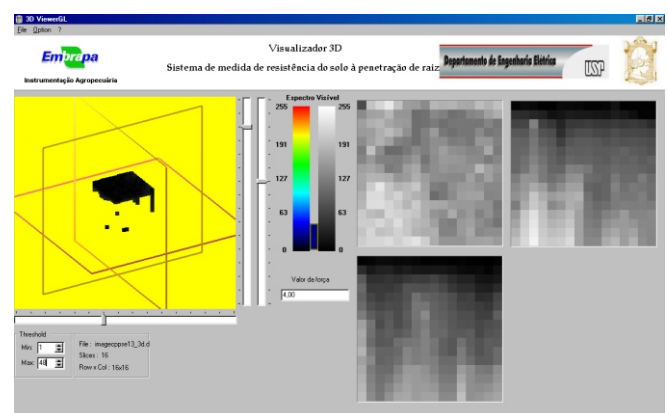


Figura 6 : Ensaio de campo para a sonda de 13 cm: região de baixa resistência do solo à penetração de raízes (de 0,18 kgf a 8,51 kgf).

O presente trabalho usando o instrumento para medida de resistência do solo à penetração de raízes, possibilitou a medida da resistência do solo a uma profundidade de 13

cm, constitui uma nova e avançada ferramenta, que viabiliza mediante análise em tempo quase real, incluindo programações, informações que levam em conta a variabilidade espacial na área e no perfil, da compactação natural ou artificial, de amostras de solos em laboratório ou diretamente no campo agrícola, sendo assim recomendável para medida indireta da compactação superficial de solo em escala milimétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUVINEL, P. E.; PUGSLEY, L.; CARAMORI, P. H. Modelagem para otimização de zona de risco em sistemas agrícolas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT-DSE, 2002. CD-ROM.
- DULEY F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** Madison, v. 4, p. 60-64, 1939.
- GRANT, C.D.; KAY, P. H.; GROENEVELT, P. H.; KIDD, G. E. Spectral analysis of micropenetrometer data to characterize soil structure. **Can. J. Soil Sci.**, Ottawa, v. 65, p.789-804, 1985.
- GROENEVELT, P. H.; KAY, B. D.; GRANT, C. D. Physical assessment of soil with respect to rooting potential. **Geoderma**, Amsterdam, v. 34, p. 101-114, 1984.
- LINS E SILVA, M. L. **Modelagem matemática na estimativa da densidade de um Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa, pelo índice de cone**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MORIN J.; BENYAMINI, Y.; MICHAELI, A. The effect of rain-drop impact on the dynamics of soil surface crusting and water movement in the profile. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v. 52, p. 321-335, 1981.
- RABELLO, L. M. **Instrumentação avançada para tomada de decisão na avaliação da resistência do solo à penetração de raízes**. 2003. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- RABELLO, L. M.; CRUVINEL, P. E. **Instrumentação para tomada de decisão na avaliação da resistência do solo à penetração de raízes**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2003. 6 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 19).
- ROLSTON, D. E.; BEDAIWY, N. A.; LOUIE, D. T. Micropenetrometer for in Situ Measurement of Soil Surface Strength. **Soil Sci. Am. J.**, Madison, v. 55, p. 481-485, 1991.
- VAZ, C. M. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; REICHARDT, K.; CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E.; BACCHI, O. O. S. Soil Mechanical Analysis through gamma ray attenuation. **Soil Technology**, Cremlingen, v. 5, p. 319-25, 1992.

### Circular Técnica, 23

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Instrumentação Agropecuária**  
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
**Fone:** 16 3374 2477  
**Fax:** 16 3372 5958  
**E-mail:** sac@cnpdia.embrapa.br  
www.cnpdia.embrapa.br

**1a. edição**  
1a. impressão 2004: tiragem 300

### Comitê de Publicações

**Presidente:** Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso  
**Secretária Executiva:** Valéria de Fátima Cardoso  
**Membros:** Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,  
Dr. João de Mendonça Naime,  
Dr. Washington Luiz de Barros Melo

**Membro Suplente:** Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

### Expediente

**Supervisor editorial:** Dr. Rubens Bernardes Filho  
**Revisão de texto:** Valéria de Fátima Cardoso  
**Tratamento das ilustrações:** Valentim Monzane  
**Editoração eletrônica:** Valentim Monzane